

УДК 622.271.3:622.586.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕСЧАНЫХ УСТУПОВ БОРТА КАРЬЕРА МЕТОДОМ ЛУЧЕВОГО ДРЕНАЖА



А. В. КРЮЧКОВ¹,
директор по производству



Г. Н. ГЕНЗЕЛЬ²,
заместитель директора
по проектной и научной работе,
канд. геол.-минерал. наук



Д. А. ЗАЙЦЕВ³,
доцент Института наук о Земле,
канд. техн. наук,
zaitsev_d@bsu.edu.ru



И. Н. ФЕДОРЕНКО⁴,
генеральный директор

¹АО «Стойленский ГОК», Старый Оскол, Россия

²ООО НТЦ «НОВОТЭК», Белгород, Россия

³Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

⁴ООО «Белспецмонтаж», Белгород, Россия

Введение

Обеспечение безопасных условий отработки месторождений полезных ископаемых является первостепенной задачей при проектировании, строительстве и эксплуатации любого горнорудного предприятия [1–4]. Особое внимание в регионе Курской магнитной аномалии (КМА) всегда акцентировано на комплексной и рациональной защите от подземных вод рудников и карьеров, разрабатываемых в настоящее время железорудных месторождений: Лебединского, Михайловского, Стойленского, Коробковского и Яковлевского [5–8]. Среди перечисленных выше месторождений особый интерес вызывает опыт обоснования, проектирования и строительства системы лучевого дренажа на протяженном (более 2000 м) участке железнодорожной станции «Новая», расположенной на уступе борта действующего карьера АО «Стойленский ГОК». Использование подобных внутрикарьерных дренажных систем становится актуальным прежде всего из-за их высокой водозахватной способности в зонах распространения произвольно ориентированных обводненных толщ, возможности обеспечения параллельного строительства дренажа и ведения горнотранспортных работ в карьере, технологичности сооружения в стесненных условиях и возможности формирования самотечного режима

Рассмотрены особенности гидрогеологических условий Стойленского железорудного месторождения КМА. Проанализированы факторы, усложняющие перехват подземных вод в пределах песчаных уступов борта карьера. Исследованы возможности формирования дренажной системы на борту карьера для повышения фильтрационной устойчивости песчаного массива. Обобщен опыт проектирования и строительства локальной системы осушения на основе лучевого дренажа в границах железнодорожной станции «Новая» действующего карьера АО «Стойленский ГОК».

Ключевые слова: дренажная система, гидрогеологические условия, подземные воды, водоприток, лучевой дренаж, горизонтальные дренажные скважины.

DOI: 10.17580/gzh.2021.06.01

отведения дренажных вод без применения специализированного насосного оборудования.

В 2020 г. проектной организацией ООО НТЦ «НОВОТЭК» выполнено обоснование и подготовлен проект «ОАО «Стойленский ГОК». Карьер. Дренажная система ж/д ст. «Новая» на строительство постоянной системы осушения на основе лучевого дренажа». Данное проектное решение по применению системы лучевого дренажа на борту карьера рассмотрено экспертами ФАУ «Главгосэкспертиза России» (г. Москва) с получением положительного заключения. В 2020–2021 гг. специализированной организацией ООО «Белспецмонтаж» выполнено строительство запроектированной системы осушения.

Объект исследований

Территория Стойленского железорудного месторождения в гидрогеологическом отношении приурочена к северо-восточной окраине Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, примыкающего к юго-западной склоновой части Воронежского кристаллического массива. Основная часть района расположена в зоне нарушенного режима подземных вод от действия дренажных комплексов карьеров Лебединского и Стойленского ГОКов, шахты им. Губкина, крупных водозаборов городов Губкин и Старый Оскол, а также гидроотвалов и хвостохранилищ действующих горно-обогатительных комбинатов, Старооскольского водохранилища [9–11].

Подземные воды распространены в отложениях всех систем осадочной толщи и зоны трещиноватости кристаллического фундамента. Вся обводненная толща находится в зоне активного водообмена и гидравлически взаимосвязана с поверхностными водотоками. Водоупорные породы не имеют сплошного и выдержанного по мощности распространения. В пределах района исследований выделяют два водоносных комплекса: верхний и нижний, разделенных водоупорной толщей юрских глин.

К верхнему комплексу относятся современный аллювиальный и средневверхнечетвертичный водоносные горизонты,

харьковско-полтавский, турон-коньякский (меломергельный), альб-сеноманский и неоком-аптский водоносные горизонты. Нижний комплекс объединяет юрский водоносный комплекс и архей-протерозойский (рудно-кристаллический) водоносный горизонт.

Непосредственно в формировании водопритока к системе осушения карьера принимают участие подземные воды альб-сеноманских и средневерхнеюрских отложений, трещиноватых архей-протерозойских пород.

Существующая система осушения карьера АО «Стойленский ГОК» выполнена в виде подземного дренажного комплекса (Дренажная шахта), который включает в себя два вертикальных шахтных ствола: № 3 – водоотливный и № 4 – вентиляционный, протяженные кольцевые дренажные выработки по внешнему контуру карьера, дренажные штреки, направленные под карьер, восстающие дренажные скважины, сквозные фильтры и водосбросные скважины. Она перехватывает основную часть потока подземных вод альб-сеноманского горизонта, снижая приток на борт карьера до величины допустимого проскока. Подземный дренажный контур вокруг карьера выполнен с учетом опережающего осушения бортов карьера для обеспечения фронта горных работ по выемке полезного ископаемого. Сформировавшийся через подземный дренажный контур проскок подземных вод перехватывают прибортовыми канавами горизонта +93 м и через водосбросные скважины, расположенные на берме +93 м, перепускают в выработки Дренажной шахты. Оставшийся проскок поверхностных вод и воды рудно-кристаллического водоносного горизонта, поступающие в карьер ниже горизонта +93 м, отводят в водосборники (зумпфы), расположенные на дне карьера, и открытым карьерным водоотливом откачивают в выработки Дренажной шахты [12]. Все дренажные воды сбрасывают в пруд оборотного водоснабжения хвостохранилища, которое является источником производственного водоснабжения обогатительной фабрики, т. е. дренажные воды находятся в замкнутом цикле оборотного водоснабжения предприятия.

Наиболее проблемными участками для перехвата фильтрационного потока существующей системой осушения являются части разреза, представленные неоднородной перемежаемостью песчаных и глинистых слоев на границе альб-сеноманских и средневерхнеюрских отложений. Положение границ данной зоны изменчиво и, как правило, в среднем она находится между абсолютными отметками от +93 до +85 м. Как показывает опыт эксплуатации и строительства внутрикарьерных объектов в пределах этих границ, грунтовое основание сооружений неустойчиво, склонно к проявлению фильтрационных нарушений (суффозионный вынос, оплывины, выпоры и т. д.) (рис. 1). В связи с этим проектирование и строительство объектов, находящихся в указанной части разреза, следует осуществлять с учетом необходимости сооружения дополнительных систем постоянного дренажа.

Опыт проектирования и строительства системы осушения на основе лучевого дренажа на борту действующего карьера

В рамках производственной программы увеличения мощностей АО «Стойленский ГОК» осуществляет строительство новых объектов по проектной документации «Стойленский ГОК». Карьер.



Рис. 1. Проявление суффозионных выносов и оплывин на гор. +93 м

Увеличение добычи и транспортировки неокисленных железистых кварцитов до 36,8 млн т в год с возможностью увеличения до 46,8 млн т в год» (АО «ПитерГОРпроект, СПб., 2016 г.). В соответствии с данным проектом, для обеспечения приема и отправления порожних и груженых скальной горной массой железнодорожных составов предусмотрено строительство станции «Новая» на юго-восточном борту карьера (абс. отм. +93 м). Длина станции с учетом транспортных примыканий составляет более 2000 м. Основание станции представлено обводненными песчано-глинистыми грунтами, наличие подземных вод в которых создает риски снижения нормативной устойчивости как основания самой станции, так и уступа борта карьера в целом.

На основании результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов дренажа принято решение о разработке локальной системы осушения основания железнодорожной станции «Новая» с использованием системы лучевого дренажа, проектирование которой выполнено ООО НТЦ «НОВОТЭК».

Конструктивно лучевые дренажи состоят из центрального водосборного колодца и отходящей от него системы горизонтальных (лучевых) скважин. Водосборный колодец, как правило, сооружают опускным способом; он состоит из сборных железобетонных колец диаметром 4 м, глубина колодца определяется конкретными задачами и может достигать 25 м. Горизонтальные

(лучевые) скважины обустраивают из полости водосборного колодца буровым способом специализированной буровой установкой УЛБ-130, позволяющей обеспечивать безопасное вскрытие высоконапорных водоносных горизонтов и предотвращать неконтролируемые выносы грунта. Длина подобных скважин может достигать 100 м и более [13–15]. Весь выбуренный ствол скважины закрепляют фильтровой колонной, что позволяет полностью исключить суффозионный вынос грунта из дренируемого горизонта и, как следствие, полностью избежать осадок грунтов, фундаментов зданий и сооружений вследствие работы дренажной системы. Технологически регулируемая плотность размещения скважин под осушаемой территорией позволяет достигать высокой эффективности водопонижения даже при низких фильтрационных свойствах осушаемых грунтов, в том числе с коэффициентом фильтрации 0,1–0,5 м/сут (суглинки, глинистые пески, техногенные грунты и т. д.). В мировой практике горизонтальные скважины эффективно применяют как самостоятельный элемент дренажа при осушении бортов карьеров, строительных котлованов и в гидротехническом строительстве [16–19].

Обоснование параметров системы защиты от подземных вод основания железнодорожной станции «Новая» выполнено на базе решения задачи фильтрации. Наиболее эффективным на сегодняшний день методом решения подобного рода задач является математическое моделирование. На основе решения этих задач определяют величины водопотоков к дренажной системе и распределение уровней (напоров) подземных вод, которые должны обеспечивать безопасные и благоприятные условия эксплуатации проектируемых сооружений. Решение фильтрационной задачи осуществляли с использованием лицензионной программы MODFLOW системы GMS, реализующей решение задачи фильтрации подземных вод методом конечных разностей для областей произвольной конфигурации с изменяющимися по известному закону граничными условиями I, II и III рода при наличии фильтрационных неоднородностей и инфильтрации (испарения). Распределение полученных расчетных величин водопритоков к колодцам лучевого дренажа представлено в **таблице**.

Строительство дренажной системы железнодорожной станции «Новая» осуществляла в 2020–2021 гг. специализированная компания ООО «Белспецмонтаж», имеющая богатый опыт реализации подобных технических решений на объектах ПАО «ГМК Норильский никель», ПАО «НЛМК», АО «АГД ДАЙМОНДС», ПАО «РусГидро», МУП «Казметрострой», ООО «Балаковские минеральные удобрения» и др. В состав системы осушения вошли следующие новые объекты:

- водоприемные колодцы глубиной до 12,7 м, диаметром 4 м – 14 ед.;
- водоперепускные колодцы глубиной до 12,1 м, диаметром 3,6 м – 13 ед.;
- горизонтальные (лучевые) дренажные скважины длиной до 110 м – 70 ед. (6700 пог. м.);
- перепускные скважины длиной по 48 м – 20 ед. (1100 пог. м.), сооружаемые между колодцами для транспортирования воды;
- водосбросные скважины длиной до 108 м – 8 ед. (730 пог. м.), сооружаемые из горных выработок Дренажной шахты и/или

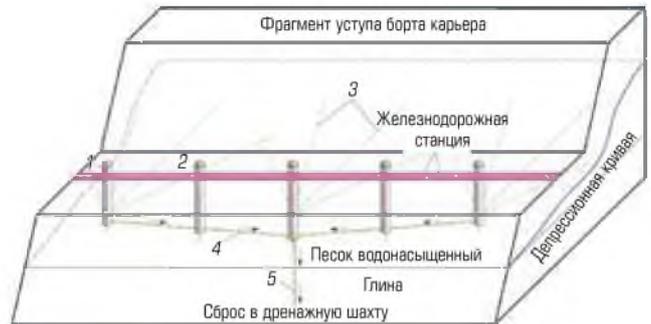


Рис. 2. Участок железнодорожной станции «Новая» с дренажной системой:

- 1 – водоприемный колодец; 2 – водоперепускной колодец; 3 – лучевая скважина; 4 – перепускная скважина; 5 – водосбросная скважина. Стрелками показано направление движения дренажных вод

Модельные расчетные водопритоки к колодцам системы лучевого дренажа

Колодец лучевого дренажа	Водоприток, м ³ /ч	Колодец лучевого дренажа	Водоприток, м ³ /ч
ЛД-1	35	ЛД-9	26
ЛД-2	30	ВК-6	12
ЛД-3	28	ЛД-10	15
ЛД-4	22	ЛД-11	21
ЛД-5	25	ЛД-12	10
ЛД-6	28	ЛД-13	24
ЛД-7	32	ЛД-14	30
ЛД-8	22	ИТОГО	360

из водоприемных колодцев и соединяющие систему лучевого дренажа с существующими горными выработками Дренажной шахты.

Принципиальная схема системы осушения железнодорожной станции «Новая» на основе лучевого дренажа показана на **рис. 2**.

Основным элементом дренажной системы являются горизонтальные (лучевые) дренажные скважины. Бурение скважин осуществляют специализированной буровой установкой УЛБ-130 из водоприемных колодцев на заданной отметке. Буровая установка УЛБ-130 позволяет, в частности, вскрывать находящиеся под напором до 3 МПа неустойчивые плавунные отложения, а также осуществлять посадку фильтровых колонн внутри обсадной с извлечением последней. Эта принципиальная опция достигается применением оригинальной технологии бурения двойной колонной. Пространственное положение скважин ориентировано на возможность размещения их фильтровых колонн в водонасыщенных песчаных прослоях контактной зоны альб-сеноманских и средневерхнеюрских отложений. На данном участке этот интервал соответствует абсолютным отметкам от +92 до +88 м. Все скважины оборудуют фильтровой колонной на полную глубину. Фильтровая колонна представлена перфорированной полиэтиленовой трубой диаметром 90 мм с нанесенным на нее фильтрующим покрытием из полиэтилена высокого давления (тип фильтра ФПЛД-105, ТУ-2291–049–22902507–08), внешний диаметр

фильтрующего покрытия фильтра 105 мм. На устье скважин устанавливаются водовыпуск и перекрывающую задвижку. При бурении в качестве промывочной жидкости используют техническую воду.

Выводы

В настоящее время завершено строительство объектов системы лучевого дренажа: выполнены водопримемные и водоперепускные колодцы, горизонтальные (лучевые) дренажные и перепускные скважины. Эксплуатация даже части системы осушения в течение 4–6 мес существенно (до 90 %) снизила величину проскока подземных вод на откос борта карьера, полностью прекращено образование суффозионных нарушений откоса вдоль дренажной канавы по горизонту +93 м на участке дренажа. Эффективная работа дренажных устройств позволила оперативно понизить уровень подземных вод под площадкой строительства железнодорожной станции «Новая» не менее чем на 3,5 м, что создало благоприятные условия для осуществления строительных работ на станции.

Впервые на постоянном борту действующего карьера была создана система лучевого дренажа протяженностью более 2000 м, полностью работающая в самотечном режиме. Перехват, сбор и централизованное отведение потока подземных вод в подземные выработки Дренажной шахты АО «Стойленский ГОК» по системе обсаженных скважин обеспечивают полное отсутствие антропогенного загрязнения на пути движения дренажных вод, так как до момента сброса в шахту они не контактируют с загрязненными поверхностными карьерными водами. В перспективе представляется рациональным использовать образовавшиеся дренажные воды для технологических нужд предприятия.

Анализ первых месяцев эксплуатации системы лучевого дренажа свидетельствует, что созданная система:

- обеспечила сооружение железнодорожной станции «Новая» в установленные сроки;
- позволила наладить работу железнодорожной станции в проектных параметрах, при этом повышена устойчивость ее основания и создана необходимая степень осушения бермы карьера, что соответствует решениям проектной документации «АО «Стойленский ГОК». Карьер. Увеличение добычи и транспортировки неокисленных железистых кварцитов до 36,8 млн т в год с возможностью увеличения до 46,8 млн т в год» (АО «ПитерГОРпроект, СПб., 2016 г.);
- обеспечивает управление и при необходимости расширение системы сбора дренажных вод с использованием не требующих ремонта полиэтиленовых фильтровых колонн дренажных скважин, железобетонных колодцев и водосбросных скважин с установленными в них колоннами обсадных труб;
- способствует полному исключению образования отходов, так как дренажная система эксплуатируется без использования оборудования, механизмов и не предполагает создание рабочих мест с постоянным нахождением обслуживающего персонала.

На основе гидродинамического моделирования установлено, что при эксплуатации локальной дренажной системы железнодорожной станции «Новая» существующая региональная депрессионная воронка в альб-сеноманском водоносном горизонте практически не претерпевает изменений. При этом дополнительное среднее понижение уровня подземных вод на контуре всей дренажной системы карьера не превысит величин среднегодовых природных колебаний и составит порядка 1 м.

Библиографический список

1. *Dassargues A.* Hydrogeology: Groundwater Science and Engineering. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – 492 p.
2. *Zong-Xian Zhang.* Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2016. – 528 p.
3. *Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A.* Integrated monitoring of engineering structures in mining // *Eurasian Mining.* 2018. No. 2. P. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
4. *Nan Li, Bingxiang Huang, Xin Zhang, Tan Yuyang, Baolin Li.* Characteristics of microseismic waveforms induced by hydraulic fracturing in coal seam for coal rock dynamic disasters prevention // *Safety Science.* 2019. Vol. 115. P. 188–198.
5. *Элов А. В.* Развитие подземного дренажного комплекса ОАО «Стойленский ГОК» // *Горный журнал.* 2011. № 6. С. 46–48.
6. *Pogoreltseva E. I., Zaitsev D. A., Khaustov V. V.* The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions // *Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences.* – Albena, 2019. Book 1.2. Vol. 19. P. 541–548.
7. *Сергеев С. В., Лябах А. И., Зайцев Д. А.* Опыт разработки богатых железных руд Яковлевского месторождения КМА // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки.* 2011. № 3(98). С. 200–208.
8. *Малина Н. П., Анпилов О. В.* Дренажный комплекс Лебедянского ГОКа // *Горный журнал.* 2017. № 5. С. 58–61. DOI: 10.17580/gzh.2017.05.13
9. *Петин А. Н., Крамчишинов Н. Н., Погорельцев И. А., Уколов И. М.* Оценка техногенного воздействия на подземные воды в зоне влияния Старооскольско-Губкинского промышленного комплекса // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2013. Т. 15. № 3-3. С. 949–953.
10. *Бочаров В. Л.* Влияние горнодобывающих предприятий на подземные воды Старооскольско-Губкинского района КМА // *Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Геология.* 2017. № 4. С. 95–99.
11. *Петина М. А., Егоров И. А., Коваленко А. Н., Решетникова Л. К.* О разработке имитационной динамической модели распространения подземных вод // *Научный результат. Информационные технологии.* 2018. Т. 3. № 1. С. 3–10.
12. *Воропаев Б. П., Гензель Г. Н., Гладченко Е. С., Еланцева Л. А., Пешков А. И.* Проектные решения и опыт эксплуатации системы осушения карьера Стойленского ГОКа, охрана и рациональное использование водных ресурсов района // *Горный журнал.* 2011. № 6. С. 24–29.
13. *Беляков С. И., Калягин И. А., Тимошков И. А., Пешков А. И., Дубровский В. Я.* Горно-буровые технологии в защите карьеров от подземных вод // *Горный журнал.* 2011. № 6. С. 29–32.
14. *Пономаренко Ю. В., Воронин А. А.* Применение лучевых дренажей для осушения неоднородных в разрезе толщ горных пород // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки.* 2013. № 24(167). С. 162–168.
15. *Mansel H., Eichler R., Nitz M., Biedermann M., Blankenburg R., Drebenstedt C.* Dewatering of Opencast Mines Using Model-Based Planned Horizontal Wells // *10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference.* – Santiago, 2015. Vol. 1. P. 1671–1680.
16. *Eichler R. A., Drebenstedt C.* Innovative Dewatering Concepts for Open Cast Mines Using Horizontal Wells (HDD-Wells) // *Mine Planning and Equipment Selection : Proceedings of the 22nd MPES Conference.* – Cham : Springer, 2014. Vol. 1. P. 697–706.
17. *Еланцева Л. А., Зайцев Д. А., Фоменко С. В.* Гидрогеологические прогнозы в целях осушения месторождения алмазов им. В. Гриба // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* 2019. Т. 330. № 7. С. 53–61.
18. *Struzina M., Müller M., Drebenstedt C., Mansel H., Jolas P.* Dewatering of Multi-aquifer Unconsolidated Rock Opencast Mines: Alternative Solutions with Horizontal Wells // *Mine Water and the Environment.* 2011. Vol. 30. Iss. 2. P. 90–104.
19. *Шорохов В. П., Радченко А. Т.* Система осушения карьерного поля разреза «Бородинский» горизонтальными дренажными скважинами как альтернатива подземному способу // *Уголь.* 2013. № 6. С. 18–21. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2021, № 6, pp. 27–31
DOI: 10.17580/gzh.2021.06.01

Stabilization of sand pit wall permeability using Ranney wells

Information about authors

A. V. Kryuchkov¹, Director of Production Operations
G. N. Genzel², Deputy Director of Research and Design, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences
D. A. Zaitsev³, Associate Professor at the Institute of Geosciences, Candidate of Engineering Sciences, zaitsev_d@bsu.edu.ru
I. N. Fedorenko⁴, CEO

¹Stoilensky GOK, Stary Oskol, Russia
²NOVOTEK Center for Science and Technology, Belgorod, Russia
³Belgorod State University, Belgorod, Russia
⁴Belpetsmontazh, Belgorod, Russia

Abstract

Safety of operating conditions is the paramount objective in any mine design, planning, construction and performance. In the Kursk Magnetic Anomaly, the emphasis is laid on the integrated and efficient protection of surface and underground mines from groundwater inflows. Stoilensky iron ore field hydrogeologically adjoins the northeast of Dnepr–Donets artesian basin which is contiguous to the southwest slope of Voronezh crystalline massif. The field mostly occurs in the zone of damaged groundwater dynamics under the impact of drainage facilities at opencasts of Lebedinsky and Stoilensky GOKs (Mining and Processing Plants) and at Gubkin Mine, hydraulic fills and tailings ponds of operating processing factories, and Stary Oskol water storage basin. The adversities of groundwater catchment inside sand pit wall rock mass are analyzed. The capabilities of a pit wall drainage system in stabilization of sand permeability are discussed. The experience gained in design and construction of a local drainage system based on Ranney-type well within the limits of Novaya station of an operating opencast is summarized.
Keywords: drainage system, hydrogeological conditions, groundwater, water inflow, Ranney-type well, horizontal drainage boreholes.

References

- Dassargues A. Hydrogeology: Groundwater Science and Engineering. Boca Raton : CRC Press, 2018. 492 p.
- Zong-Xian Zhang. Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2016. 528 p.
- Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining. *Eurasian Mining*. 2018. No. 2. pp. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
- Nan Li, Bingxiang Huang, Xin Zhang, Tan Yuyang, Baolin Li. Characteristics of microseismic waveforms induced by hydraulic fracturing in coal seam for coal rock dynamic disasters prevention. *Safety Science*. 2019. Vol. 115. pp. 188–198.

- Epov A. V. Development of underground drainage complex of “Stoilenskiy Mining and Concentrating Plant” joint stock company. *Gornyi Zhurnal*. 2011. No. 6. pp. 46–48.
- Pogoreltseva E. I., Zaitsev D. A., Khaustov V. V. The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions. *Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences*. Albena, 2019. Book 1.2, Vol. 19. pp. 541–548.
- Sergeev S. V., Lyabakh A. I., Zaytsev D. A. The experience of the rich iron ores opencast of Jakovlevsky deposit KMA (Kursk Magnetic Anomaly). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*. 2011. No. 3(98). pp. 200–208.
- Malina N. P., Anpilov O. V. Drainage system at Lebedinsky GOK. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 5. pp. 58–61. DOI: 10.17580/gzh.2017.05.13
- Petin A. N., Kramchaninov N. N., Pogoreltsev I. A., Ukolov I. M. Estimation of technogenic impact on underground waters in zone of Starooskol-Gubkin industrial complex influence. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2013. Vol. 15, No. 3-3. pp. 949–953.
- Bocharov V. L. The impact of mining on groundwater Starooskol-Gubkinsky district of the KMA. *Vestnik Boronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya*. 2017. No. 4. pp. 95–99.
- Petina M. A., Egorov I. A., Kovalenko A. N., Reshetnikova L. K. On the development of a simulation dynamics model of the groundwater distribution. *Nauchnyi rezultat. Informatsionnye tekhnologii*. 2018. Vol. 3, No. 1. pp. 3–10.
- Voropaev B. P., Genzel G. N., Gladchenko E. S., Elantseva L. A., Peshkov A. I. Project solutions and exploration experience of dehydrating system of Stoilenskiy Mining and Concentrating Plant quarry, protection and rational usage of region water sources. *Gornyi Zhurnal*. 2011. No. 6. pp. 24–29.
- Belyakov S. I., Kalyagin I. A., Timoshkov I. A., Peshkov A. I., Dubrovskiy V. Ya. Mining and boring technologies in context of quarries protection from underground water. *Gornyi Zhurnal*. 2011. No. 6. pp. 29–32.
- Ponomarenko Yu. V., Voronin A. A. Application of radial drainages to drain heterogeneous rock mass. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*. 2013. No. 24(167). pp. 162–168.
- Mansel H., Eichler R., Nitz M., Biedermann M., Blankenburg R., Drebenstedt C. Dewatering of Opencast Mines Using Model-Based Planned Horizontal Wells. *10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference*. Santiago, 2015. Vol. 1. pp. 1671–1680.
- Eichler R. A., Drebenstedt C. Innovative Dewatering Concepts for Open Cast Mines Using Horizontal Wells (HDD-Wells). *Mine Planning and Equipment Selection : Proceedings of the 22nd MPES Conference*. Cham : Springer, 2014. Vol. 1. pp. 697–706.
- Elantseva L. A., Zaytsev D. A., Fomenko S. V. Hydrogeological forecasts for dewatering diamond deposit named after V. Grib. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*. 2019. Vol. 330, No. 7. pp. 53–61.
- Struzina M., Müller M., Drebenstedt C., Mansel H., Jolas P. Dewatering of Multi-aquifer Unconsolidated Rock Opencast Mines: Alternative Solutions with Horizontal Wells. *Mine Water and the Environment*. 2011. Vol. 30, Iss. 2. pp. 90–104.
- Shorokhov V. P., Radchenko A. T. Borodinsky opencast mine field drainage with horizontal drainage boreholes as an alternative to the underground method. *Ugol*. 2013. No. 6. pp. 18–21.



Насосная станция цеха хвостового хозяйства